

OPERATION CONTROL OF FUEL CELL SYSTEM

Publication number: JP2004172026

Publication date: 2004-06-17

Inventor: YOSHIDA HISAHIRO; KURITA KENJI; MORI HIROAKI

Applicant: TOYOTA MOTOR CORP; TOYOTA MACS INC

Classification:

- international: H01M8/00; H01M8/04; H01M8/10; H01M8/00; H01M8/10; H01M8/00; H01M8/04; H01M8/10; H01M8/00; H01M8/10; (IPC-17): H01M8/00; H01M8/10; H01M8/04

- European:

Application number: JP20020338670 20021122

Priority number(s): JP20020338670 20021122

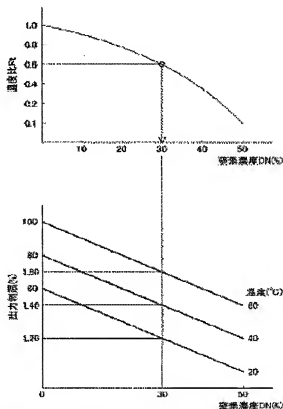
Report a data error here

Abstract of JP2004172026

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress shortened life caused by operation when increasing an impurity concentration in an anode in a fuel cell system.

SOLUTION: The difference between a stack temperature and an outside air temperature when stopping the operation of a fuel cell and that between the stack temperature and the outside air temperature when activating the operation of the fuel cell are obtained and temperature ratio is defined as "temperature difference in activation/that in stop." According to the temperature ratio, lapse time from when stopping the operation of the fuel cell and the concentration of nitrogen permeating an electrolyte film from a cathode to an anode are estimated. Additionally, corresponding to the estimated value of the nitrogen concentration, the output value of the fuel cell stack is restricted, thus suppressing excessive power generation while the impurity concentration of the anode is high.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-172026

(P2004-172026A)

(43) 公開日 平成16年6月17日(2004.6.17)

(51) Int. Cl. ⁷	F 1			テーマコード (参考)
H 01 M 8/04	H 01 M 8/04	X		5 H 0 2 6
// H 01 M 8/00	H 01 M 8/04	P		5 H 0 2 7
H 01 M 8/10	H 01 M 8/00	Z		
	H 01 M 8/10			

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-339670 (P2002-339670)
 (22) 出願日 平成14年11月22日 (2002.11.22)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (71) 出願人 594026192
 株式会社トヨタマックス
 愛知県豊田市トヨタ町2番地
 (74) 代理人 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 吉田 尚弘
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
 車株式会社内
 (72) 発明者 栗田 健志
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
 車株式会社内

最終頁に続く

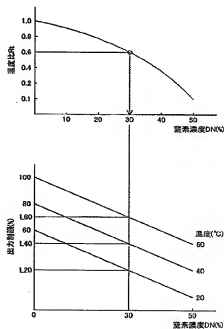
(54) 【発明の名称】 燃料電池システムの運転制御

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池システムにおいて、アノードの不純物濃度増大時の運転による寿命低下を抑制する。

【解決手段】 燃料電池の運転停止時のスタック温度と外気温との差、および起動時のスタック温度と外気温との差を求め、温度比を「起動時の温度差/停止時の温度差」と定義する。この温度比によって燃料電池の運転停止からの経過時間、ひいてはカソードからアノードに電解質膜を透過した窒素の濃度を推定する。また、窒素濃度の推定値に応じて、燃料電池スタックの出力値を制限する。こうすることで、アノードの不純物濃度が高い状態での過度の発電を抑制できる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

水素および酸素の供給を受けて発電する燃料電池システムであって、
電解質を挟んで配置された水素極および酸素極を備える燃料電池スタックと、
前記水素極に水素を供給する水素供給部と、
前記酸素極に酸素を供給する酸素供給部と、
前記水素極に供給される気体中の不純物濃度に関連する所定のパラメータに応じて該燃料電池システムの出力制限を設定する制限設定部と、
前記出力制限を超えない範囲で発電するよう、前記水素供給部、酸素供給部を制御する運転制御部とを備える燃料電池システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池システムであって、
前記燃料電池システムの運転停止からの経過時間を計測するためのタイマを備え、
前記パラメータは、該経過時間に基づいて定まる値である請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

請求項 1 記載の燃料電池システムであって、
前記燃料電池スタックの温度を検出する温度検出部を備え、
前記パラメータは、該燃料電池システムの運転停止からの温度変化に基づいて定まる値である燃料電池システム。

20

【請求項 4】

請求項 1 記載の燃料電池システムであって、
外気温を基準とする前記燃料電池スタックの相対温度を検出する相対温度検出部を備え、
前記パラメータは、該燃料電池システムの運転停止からの前記相対温度の変化に基づいて定まる値である燃料電池システム。

【請求項 5】

請求項 3 または 4 記載の燃料電池システムであって、
前記制限設定部は、運転中の前記燃料電池スタックの温度が所定温度を超えなかった場合には、前記パラメータに関わらず前記出力制限を所定の制限値に設定する燃料電池システム。

30

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか記載の燃料電池システムであって、
前記水素供給部は、
前記水素極から排出された排気を該水素極に循環する循環経路と、
該循環経路上に設けられ、該排気の一部を該循環経路外に排出する排出弁とを有し、
前記不純物濃度を低減するよう前記排出弁を開閉制御する排出制御部とを備える燃料電池システム。

【請求項 7】

請求項 6 記載の燃料電池システムであって、
前記排出制御部は、前記燃料電池スタックが所定の低温状態および高負荷状態の少なくとも一方に相当すると判断される場合には、前記排出弁の開き量を増大させる燃料電池システム。

40

【請求項 8】

請求項 6 記載の燃料電池システムであって、
前記排出弁から排出された排気を、所定の希釈ガスによって希釈する希釈部を備え、
前記排出制御部は、該希釈ガスの供給量が所定の基準値に満たない場合には、前記排出弁を開じた状態に保持する燃料電池システム。

【請求項 9】

請求項 6 記載の燃料電池システムであって、
前記制限設定部は、前記排出弁の開き量に応じて前記出力制限を緩和する燃料電池システム。

50

ム。

【請求項 10】

請求項 1～9 のいずれか記載の燃料電池システムであって、前記酸素供給部は前記酸素極に空気を供給し、前記不純物は、前記酸素極から前記水素極に前記電解質を透過した窒素である燃料電池システム。

【請求項 11】

水素および酸素の供給を受けて発電する燃料電池システムの運転制御方法であって、該燃料電池システムは、電解質を挟んで配置された水素極および酸素極を備える燃料電池スタックと、前記水素極に水素を供給する水素供給部と、前記酸素極に酸素を供給する酸素供給部とを備え、前記水素極に供給される気体中の不純物濃度に関連する所定のパラメータに応じて該燃料電池システムの出力制限を設定する工程と、前記出力制限を超えない範囲で発電するよう、前記水素供給部、酸素供給部を制御する工程とを備える制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、水素と酸素の電気化学反応によって発電する燃料電池の運転制御に関する。

20

【0002】

【従来の技術】

近年、水素と酸素の電気化学反応によって発電する燃料電池がエネルギー源として注目されている。燃料電池は、電解質を挟んで水素極と酸素極が配置された構成となっている。水素極に水素リッチな燃料ガスが供給され、酸素極に空気などの酸化ガスが供給されると、これらのガス中の水素と酸素が反応して発電する。発電時に消費されずに水素極から排出された水素を有効活用するため、再び水素極に循環させるシステム構成も提案されている（例えば、特許文献 1）。

【0003】

【特許文献 1】

特開 2000-268837 号公報

30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

燃料電池では、酸素極から水素極に、窒素など水素極にとって不純物に相当するガスが電解質を透過することがある。これらの不純物は発電によっては消費されないため、水素極からの排気を循環させるシステム構成では、水素極側の不純物濃度が徐々に高くなる可能性がある。従来は、不純物濃度が高い状態、即ち、相対的に水素の濃度が低い状態で、燃料電池から過度の出力を得ようとするにより、燃料電池の寿命を縮めるなどの弊害を招くおそれがあった。

【0005】

かかる課題は、特に、燃料電池を長時間、運転停止した後、再起動する際に顕著であった。また、水素極からの排気を循環させないシステムにおいても、不純物の透過が起きる限り、同様の課題が生じ得た。本発明は、これらの課題を考慮し、燃料電池において、水素極側の不純物濃度増大による弊害を回避することを目的とする。

40

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

本発明の燃料電池システムは、燃料電池スタック、水素供給部、酸素供給部を備えることにより、水素および酸素の供給を受けて発電する。燃料電池スタックは、電解質を挟んで配置された水素極および酸素極を備える。水素供給部は水素極に水素を供給する機構、酸素供給部は酸素極に酸素を供給する機構であり、例えば、配管、ポンプ、バルブなどが含

50

まれる。水素極に供給される気体は、純水素である必要はなく、水素リッチな燃料ガスであればよい。酸素極に供給される気体は、純酸素である必要はなく、酸素を含有する酸化ガス、例えば、空気などであればよい。

【0007】

本発明の燃料電池システムの運転は、制限設定部と、運転制御部によって制御される。制限設定部は、水素極に供給される気体中の不純物濃度に関連する所定のパラメータに応じて燃料電池システムの出力制限を設定する。パラメータと出力制限との関係は、例えば、予めマップまたは数式などの形式で記憶しておく方法を採用することができる。運転制御部は、こうして設定された出力制限を超えない範囲で発電するよう、水素供給部、酸素供給部を制御する。運転制御部は、更に、燃料電池システムへの要求電力を入力し、要求電力と出力制限の低い方に相当する発電を行わせるよう制御してもよい。

【0008】

本発明によれば、燃料電池システムは、水素極に供給される気体中の不純物濃度に基づいて出力を制限することができる。従って、不純物濃度が高い場合に過度の発電を抑制することができる。燃料電池スタックへの損傷を低減することができる。

【0009】

本発明の制御は、不純物または水素の濃度センサを水素極に備え、その検出値をパラメータとして用いることにより、燃料電池システムの運転中に適用することができる。濃度センサに代えて、水素極の圧力センサを設け、圧力の検出値をパラメータとして用いてもよい。

【0010】

水素極の不純物濃度は、運転停止中に酸素極から水素極に電解質を透過する不純物によって増加することが多いため、本発明の制御は、燃料電池システムの起動時に有用である。かかる場合には、燃料電池システムの運転停止からの経過時間に関連する種々の値をパラメータとして用いることができる。

【0011】

例えば、燃料電池システムの運転停止からの経過時間を計測するタイマを備えている場合には、この経過時間に基づいて定まる値をパラメータとしてもよい。

【0012】

燃料電池スタックの温度を検出する温度検出部を備えている場合には、燃料電池システムの運転停止からの温度変化に基づいて定まる値をパラメータとしてもよい。温度変化は、運転停止からの経過時間と相関があるからである。例えば、運転停止時の温度と、現在の温度との差分、比などをパラメータとすることができる。

【0013】

外気温を基準として燃料電池スタックの相対温度を検出する相対温度検出部を備えている場合には、燃料電池システムの運転停止からの相対温度の変化に基づいて定まる値をパラメータとしてもよい。運転停止からの温度の時間変化は、外気温によって影響を受けるため、外気温を考慮することによって、経過時間、ひいては不純物濃度を精度良く評価することができる。精度をより向上するため、燃料電池システムが設置されている場所の外気温を用いることが好ましい。

【0014】

パラメータ値の算出に、燃料電池スタックの温度を用いる場合においては、運転中の燃料電池スタックの温度が所定温度を超えなかった時は、パラメータに関わらず出力制限を所定の制限値に設定するようにしてもよい。所定温度とは、例えば、燃料電池スタックが暖機済みとするための判断基準温度とすることができる。運転中の温度が低いまま運転が停止された場合、運転停止時からの経過時間が長くても温度変化が十分に現れず、運転停止からの経過時間が短いと誤判定される可能性がある。上記制御によれば、かかる誤判定に基づき出力制限値が不当に高く設定されることを回避することができる。かかる観点から、上記制御における所定の制限値は、燃料電池システムを不純物濃度に関わらず安全に運転可能な範囲の上限値に設定することができる。

10

20

30

40

50

【00015】

水素極から排出された排気を水素極に循環する循環経路を有する燃料電池システムでは、不純物濃度が高くなり易いため、本発明の有用性が高い。この循環経路上には、排気の一部を循環経路外に排出する排出弁を備え、不純物濃度を低減するよう排出弁を開閉制御することが好ましい。排出弁は、定期的に開けてもよいし、水素極側の圧力や不純物濃度などに応じて開けてもよい。排出弁を開いた状態では、不純物と併せて水素も排出されるため、水素の浪費を抑制するため、排出弁の開き量はできるだけ抑制することが好ましい。

【00016】

排出弁を備える場合、燃料電池スタックが所定の低温状態および高負荷状態の少なくとも一方に相当すると判断される場合には、排出弁の開き量を増大させることが好ましい。低温状態は、燃料電池スタックの温度、燃料電池システムの起動開始後の経過時間などに基づいて予め設定しておくことができる。高負荷状態は、要求電力、水素極または酸素極に供給されるガス流量などに基づいて予め設定しておくことができる。低温状態、高負荷状態における開き量は、複数段階に分けて増大させてもよいし、連続的に増大させてもよい。

10

【00017】

低温状態、高負荷状態では、一般に、不純物による弊害が大きいため、開き量を増大させることにより、速やかに不純物濃度を低減することができる。開き量の増大は、排出弁の開度を増大してもよいし、開き間隔を密にしてもよいし、1回当たりの開き時間を増大してもよい。

20

【00018】

本発明においては、排出弁からの排気を、空気など所定の希釈ガスによって希釈する希釈部を備えてもよい。この場合には、希釈ガスの供給量が所定の基準値に満たない場合には、排出弁を閉じた状態に保持することが好ましい。こうすることにより、排気中に含まれる水素が希釈されずに排出されるのを回避することができる。基準値は、排気中に含まれる水素が環境面での基準を満たす程度に希釈可能な範囲で設定することができ、予め設定された固定値としてもよいし、排気中の水素濃度の推定値に応じて変動する値としてもよい。

【00019】

希釈ガスの供給量が上述の基準値を上回る場合には、更に、希釈ガスの流量増に応じて、排出弁に許容される開き量を増大させてもよい。こうすることにより、高い濃度の水素の排出を回避しつつ、不純物濃度を効率的に低減させることができる。

30

【00020】

本発明では、排出弁の開き量に応じて出力制限を緩和することが好ましい。例えば、排出弁の開き量と不純物濃度の低減量との関係を予め記憶しておき、この関係に基づいて不純物濃度を推定し、この推定値に基づいて出力制限を段階的または連続的に緩和する方法を採ることができる。また、排出弁の総開き量が所定量に達した時点で出力制限を解除するようにしてもよい。

【00021】

本発明において、例えば、酸素極に空気を供給している場合には、酸素極から水素極に電解質を透過した窒素、酸素が不純物として挙げられる。また、アルコール、炭化水素などの原料を改質して水素を生成する場合には、改質時に混入する水蒸気、二酸化炭素なども不純物に相当する。

40

【00022】

本発明において、上述した種々の特徴は、適宜、組み合わせたり、一部を省略したりして適用することができる。本発明は、上述の燃料電池システムとしての構成に限らず、燃料電池システムの運転を制御する制御装置、制御方法など種々の態様で構成することができる。いずれの態様においても、上述した各特徴を適宜、適用可能である。

【00023】

【発明の実施の形態】

50

本発明の実施例について以下の順序で説明する。

- A. 装置構成：
- B. 出力制限用のマップ：
- C. 起動処理：
- D. 変形例：

【0024】

- A. 装置構成：

図1は実施例としての燃料電池システムの全体構成を示す説明図である。本実施例の燃料電池システムは、モータで駆動する電気車両に、電源として搭載されている。運転者がアクセルを操作すると、アクセル開度センサ101によって検出された操作量に応じて発電が行われ、その電力によって車両は走行することができる。実施例の燃料電池システムは、車載である必要はなく、据え置き型など種々の構成を採ることが可能である。

【0025】

燃料電池スタック10は、水素と酸素の電気化学反応によって発電するセルの積層体である。各セルは、電解質膜を挟んで水素極（以下、アノードと称する）と酸素極（以下、カソードと称する）とを配置した構成となっている。本実施例では、ナフィオン（登録商標）などの固体高分子膜を電解質膜として利用する固体高分子型のセルを用いるものとしたが、これに限らず、種々のタイプを利用可能である。

【0026】

燃料電池スタック10のカソードには、酸素を含有したガスとして圧縮空気が供給される。空気は、フィルタ40から吸入され、コンプレッサ41で圧縮された後、加湿器42で加湿され、配管35から燃料電池スタック10に供給される。配管35には、吸気温を検出するための温度センサ102が設けられている。カソードからの排気（以下、カソードオフガスと称する）は、配管36およびマフラ43を通じて外部に排出される。空気の供給圧は、配管36に設けられた圧力センサ53で検出され、調圧バルブ27の開度によって制御される。

【0027】

燃料電池スタック10のアノードには、配管32を介して水素タンク20に貯蔵された高圧水素から水素が供給される。水素タンク20に代えて、アルコール、炭化水素、アルデヒドなどを原料とする改質反応によって水素を生成し、アノードに供給するものとしてもよい。

【0028】

水素タンク20に高圧で貯蔵された水素は、その出口に設けられたシャットバルブ21、レギュレータ22、高圧バルブ23、低圧バルブ24によって圧力および供給量が調整されて、アノードに供給される。アノードからの排気（以下、アノードオフガスと称する）は、配管33に流出する。アノードの出口には、圧力センサ51およびバルブ25が設けられており、アノードへの供給圧力および量の制御に利用される。

【0029】

配管33は、途中で二つに分岐しており、一方はアノードオフガスを外部に排出するための排出管34に接続され、他方は逆止弁28を介して配管32に接続される。燃料電池スタック10での発電によって水素が消費される結果、アノードオフガスの圧力は比較的低い状態となっているため、配管33にはアノードオフガスを加圧するためのポンプ45が設けられている。

【0030】

排出管34に設けられた排出バルブ26が閉じられている間は、アノードオフガスは配管32を介して再び燃料電池スタック10に循環される。アノードオフガスには、発電で消費されなかった水素が残留しているため、このように循環させることにより、水素を有効利用することができる。

【0031】

アノードオフガスの循環中、水素は発電に消費される一方、水素以外の不純物、例えば、

10

20

30

40

50

カソードから電解質膜を透過してきた窒素などは消費されずに残留するため、不純物の濃度が徐々に増大する。この状態で、排出バルブ 2 6 が開かれると、アノードオフガスは、排出管 3 4 を通り、希釈器 4 4 で空気によって希釈された後、外部に排出され、不純物の循環量が低減する。但し、この際、水素も同時に排出されるため、排出バルブ 2 6 の開き量は、極力抑えることが燃費向上の観点から好ましい。

【0032】

燃料電池スタック 1 0 には、水素および酸素の他、冷却水も供給される。冷却水は、ポンプ 4 6 によって、冷却用の配管 3 7 を流れ、ラジエータ 3 8 で冷却されて燃料電池スタック 1 0 に供給される。燃料電池スタック 1 0 からの出口には、冷却水の温度を検出するための温度センサ 1 0 3 が設けられている。

【0033】

燃料電池システムの運転は、制御ユニット 1 0 0 によって制御される。制御ユニット 1 0 0 は、内部に CPU、RAM、ROM を備えるマイクロコンピュータとして構成されており、ROM に記憶されたプログラムに従って、システムの運転を制御する。図中に、この制御を実現するために制御ユニット 1 0 0 に入力される信号の一例を破線で示した。入力としては、例えば、温度センサ 1 0 2、温度センサ 1 0 3、アクセル開度センサ 1 0 1 の検出信号が挙げられる。出力としては、例えば、低圧バルブ 2 4、排出バルブ 2 6 が挙げられる。

【0034】

B. 出力制限用のマップ：

燃料電池スタック 1 0 では、カソードに供給された空気中の窒素が、アノードに電解質膜を透過する。本実施例では、この透過窒素のアノード中の濃度に応じて燃料電池スタック 1 0 の出力を制限する。透過窒素の濃度は、アノードをガスが流れていない状態、即ち、燃料電池システムが運転停止している間に高くなりやすいため、本実施例では起動時に出力制限を行うものとした。以下、この出力制限について説明する。

【0035】

図 2 は出力制限用のマップを示す説明図である。このマップは、制御ユニット 1 0 0 に予め記憶されており、起動処理時に参照される。このマップは、図の上方に示した温度比 R_t と窒素濃度との関係を示すマップ（以下、「窒素濃度推定マップ」と称する）、下方に示した窒素濃度と出力制限との関係を示すマップ（以下、「出力制限マップ」と称する）の 2 種類から構成される。

【0036】

温度比 R_t は、次式 (1) によって定義される。

$$R_t = (T_{Cs} - T_{As}) / (T_{Ce} - T_{Ae}) \cdots (1);$$

T_C …燃料電池スタック 1 0 の温度（以下、スタック温度と称する）；

T_A …外気温；

添え字「s」は起動時の値であることを意味し、「e」は運転終了時の値であることを意味する。

【0037】

本実施例では、スタック温度としては温度センサ 1 0 3 で検出された冷却水の温度を用い、外気温としては温度センサ 1 0 2 で検出された吸気の温度を用いるものとした。スタック温度として、アノードまたはカソードからの排気温度を用いても良い。温度センサ 1 0 2 が車両からの排熱の影響を受けやすい部位に設けられている場合には、かかる排熱の影響を無視できる程度の速度で車両が走行している条件下で、運転終了時の外気温を測定しておくことが好ましい。

【0038】

先に説明した通り、アノードの窒素濃度は、燃料電池スタック 1 0 の運転停止からの経過時間に応じて増大する。燃料電池スタック 1 0 の温度は、経過時間に応じて低下するため、上述の温度比 R_t と窒素濃度との間には相関がある。窒素濃度推定マップは、この相関を表したものであり、燃料電池システムごとの実験または解析によって設定することがで

10

20

30

40

50

きる。燃料電池スタック10の温度変化は、外気温によって影響を受けるため、本実施例では、外気温を基準とする相対温度を用いて温度比 R_t を定義したが、燃料電池スタック10の温度のみを用いて温度比を定義してもよい。

【0039】

出力制限マップは、窒素濃度と出力制限との関係を表している。本実施例では、燃料電池スタック10の最大出力比に対する割合で出力制限を設定した。窒素濃度が高いほど、アノードには十分な水素が供給されないことになるため、出力が制限される。出力制限マップは、燃料電池スタック10の温度にも依存する2次元マップとして構成されており、温度が低い程、出力が制限される設定となっている。これらの出力制限は、それぞれの窒素濃度および温度において、燃料電池スタック10の寿命を著しく損ねることなく運転可能な出力範囲を、実験的または解析的に求めることにより設定可能である。

【0040】

上述の2つのマップを参照することにより、運転停止時および起動時の温度状態に応じて出力制限を設定することができる。図示する通り、温度比 R_t が0.6と求められた場合には、窒素濃度推定マップを参照することにより、窒素濃度が約30%と求められる。また、出力制限マップを参照することにより、燃料電池スタック10の温度に応じて、出力制限L20(%)、L40(%)、L60(%)が求められる。

【0041】

出力制限用のマップは、図の例に限らず、種々の態様で設定可能である。例えば、窒素濃度の推定を省略し、温度比と出力制限との関係を直接与える単一のマップとして構成してもよい。図に例示した他に、種々のパラメータを考慮した多次的なマップとして構成してもよい。これらのマップは、テーブル形式、数式などの形式で用意しても差し支えない。

【0042】

C. 起動処理：

図3は起動処理のフローチャートである。運転者が燃料電池システムの起動操作を行った際に、制御ユニット100が実行する処理である。この処理に先立って、別途用意された制御処理において、燃料電池システムの運転を停止する際に、スタック温度 T_{Ce} および外気温 T_{Ae} が検出され、制御ユニット100のメモリ内に記憶されているものとする。

【0043】

この処理を開始されると、制御ユニット100は、上述のスタック温度 T_{Ce} 、外気温 T_{Ae} を読み込む。また、温度センサ102、103から起動時の燃料電池スタック10の温度 T_{Cs} 、および外気温 T_{As} を読み込む(ステップS10)。

【0044】

停止時のスタック温度 T_{Ce} が所定温度 T_{ht} よりも高い場合(ステップS11)、制御ユニット100は、先に説明した式(1)に基づいて温度比 R_t を算出し(ステップS12)、図2に示したマップを参照して、窒素濃度 DN を推定する(ステップS13)。一方、スタック温度 T_{Ce} が所定温度 T_{ht} 以下である場合(ステップS11)には、これらの処理に代えて、窒素濃度 DN を最大値と仮定する(ステップS14)。本実施例では、最大値として50%を用いるものとした。

【0045】

燃料電池システムは、起動した後、暖機が完了する前に運転停止されることがある。かかる場合には、運転停止時と起動時でスタック温度に大きな差が生じず温度比が値1に近づくため、運転停止からの経過時間が実際よりも短く誤判定される可能性がある。本実施例では、運転停止時のスタック温度が低い場合には、温度比 R_t に関わらず窒素濃度を最大値に設定することにより、かかる誤判定により出力制限が実際の窒素濃度に合わないほど緩く設定されるのを回避している。

【0046】

所定温度 T_{ht} は、経過時間の誤判定を生じるか否かの判断基準となる温度であり、実験等によって適宜設定することができる。一例として、燃料電池スタック10の暖機が完了

10

40

30

40

50

したと判断できる温度を採用してもよい。

【0047】

窒素濃度DNが推定されると、制御ユニット100は、図2に示したマップを参照して、出力制限値(%)を設定し、この範囲で燃料電池スタック10の発電を行わせる(ステップS15)。制御ユニット100は、出力制限値(%)と燃料電池スタック10の最大出力とから、出力可能な最大電力を求め、アクセル開度に基づいて設定される要求電力とこの最大電力のうち小さい方を目標電力として発電を行わせる。

【0048】

このように出力を制限するとともに、制御ユニット100は、適宜、後述する通り、排出バルブ26を開けて、窒素濃度を低減する処理を行う(ステップS20)。この処理の結果、窒素濃度が十分に低下したと判断されると、制御ユニット100は通常運転モードへの移行指示を行って(ステップS30)、起動処理を完了する。

【0049】

図4は窒素低減処理のフローチャートである。図3のステップS20における処理を詳述したものである。制御ユニット100は、推定された窒素濃度DNが所定値Thd以下となるまで、この処理を実行する(ステップS21)。所定値Thdは、通常の運転に支障がないと判断できる窒素濃度であり、任意に設定可能である。例えば、出力制限値が80%以上となる濃度を所定値Thdに設定することができる。

【0050】

窒素濃度DNが所定値Thdよりも大きい場合には、排出バルブ26を開けて、窒素濃度を低減する処理を実行する。アノードオフガス中には窒素だけでなく、水素も含まれているから、排出バルブ26は、水素を十分に希釈可能な空気が希釈器44に供給されている状態で開けることが望ましい。本実施例では、かかる観点から、空気流量が十分に希釈可能と判断される所定値Thaを超えるまでは、排出バルブ26を開かず待機する(ステップS22)。空気流量は、例えば、コンプレッサ41の動作状態、カソードの出口圧力などから判断することができる。空気流量が低い場合でも、車速が十分に高い場合には、車両周りの流れによって十分に水素が希釈可能であるため、ステップS22では、代わりの条件、または「OR」条件として「車速が所定値以上か?」という条件を考慮してもよい。

【0051】

空気流量が所定値Thaを超えている場合には(ステップS22)、排出バルブ26を開ける(ステップS23)。本実施例では、排出バルブ26を開けている時間密度、即ち開デューティRopを窒素濃度および起動時のスタック温度に基づいて設定する。図中に、開デューティRopを設定するためのマップを例示した。窒素濃度が高く、スタック温度が低いほど開デューティRopが高くなるよう設定されている。これらの運転状態での発電は、燃料電池スタック10の寿命を縮める恐れがあるため、速やかに窒素濃度を低減させることが好ましいからである。

【0052】

制御ユニット100は、開デューティRopに応じて、排出バルブ26の開閉を制御する。開デューティRopに相当する期間、排出バルブ26を連続的に開けておくものとしてもよいし、排出バルブ26を所定の頻度で開閉してもよい。アノード側の圧力の急変を回避するという観点からは、後者の方が好ましい。

【0053】

開デューティRopの設定は、図示した例に限らない。窒素濃度等に関わらず一定の開デューティRopを用いるものとしてもよいし、スタック温度に代えて、またはスタック温度とともに、要求電力を考慮して開デューティRopを設定してもよい。例えば、要求電力が大きくなる程、開デューティRopを大きく高くするよう設定することができる。

【0054】

制御ユニット100は、排出バルブ26の開デューティRopに応じて、窒素濃度の推定値DNを補正し、推定値DNを低減させる(ステップS24)。補正は、例えば、次式に

よって行うことができる。

$DN = DN0 - \Delta DN \times Rop$;

DN0…補正前の窒素濃度 ;

ΔDN …単位デューティ当たりの窒素濃度の低減量 ;

Rop…開デューティ ;

【0055】

以上の処理を繰り返し実行することによって、制御ユニット100は、アノード側の窒素濃度を低減させることができる。

【0056】

以上で説明した実施例の燃料電池システムによれば、起動時にアノード側の窒素濃度を推定し、出力制限を設けることにより、窒素濃度が高い状態での発電量を抑制することができる。この結果、燃料電池スタック10の寿命低下を抑制することができる。

【0057】

D. 変形例 :

窒素濃度、実施例で用いたスタック温度に依らず種々のパラメータによって推定可能である。例えば、圧力センサ51で検出されるアノードの出口圧力に基づいて窒素濃度を推定してもよい。

【0058】

図5はアノードの出口圧力の時間変化を示す説明図である。図の上方には、燃料電池スタック10を模式的に示した。先に説明した通り、燃料電池スタック10は、カソード11とアノード12が電解質膜13を挟んで配置された構造となっている。燃料電池スタック10の運転を停止すると、アノード12からカソード11へ電解質膜を水素が透過する。また、カソード11からアノード12へは窒素が電解質膜を透過する。水素の方が窒素よりも透過しやすいため、アノード12の圧力は、図の下方に示す通り、運転停止直後から低下する。経過時間Tbにおいて圧力が最低値となった後は、窒素の透過によって徐々に圧力は増加する。最低値となる経過時間Tbは、燃料電池スタック10ごとで相違するが、概ね30分程度である。

【0059】

このような圧力変動を予めマップなどの形で用意しておくことにより、アノード圧力pを計測すれば、経過時間tを求めることができる。図示する通り、圧力pに相当する時間は、2通りの解が得られるが、図中に矢印で示した領域、即ち経過時間Tbよりも大きい範囲で解を求めておけばよい。こうすることにより、経過時間、ひいては窒素濃度を誤って過小に推定することを回避することができる。

【0060】

別の例として、燃料電池スタック10の運転停止からの経過時間をタイマで計測し、この経過時間に基づいて窒素濃度を推定してもよい。また、濃度センサによって、窒素濃度を直接計測してもよい。

【0061】

以上、本発明の種々の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の構成を採ることができることはいうまでもない。例えば、上述の制御処理は、ソフトウェアに依らず、ハードウェア的に実現しても構わない。本発明は、窒素に限らず、アノードに混入する種々の不純物に対して適用可能である。本発明は、アノードオフガスを循環せずに排出する構成の燃料電池システムにも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例としての燃料電池システムの全体構成を示す説明図である。

【図2】出力制限用のマップを示す説明図である。

【図3】起動処理のフローチャートである。

【図4】窒素低減処理のフローチャートである。

【図5】アノードの出口圧力の時間変化を示す説明図である。

10

20

30

40

50

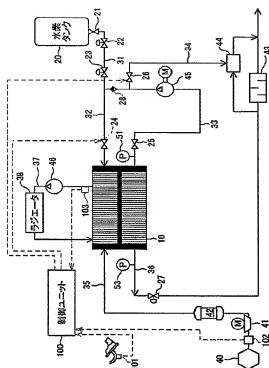
【符号の説明】

- 1 0 …燃料電池スタック
- 1 1 …カソード
- 1 2 …アノード
- 1 3 …電解質膜
- 2 0 …水素タンク
- 2 1 …シャットバルブ
- 2 2 …レギュレータ
- 2 3 …高圧バルブ
- 2 4 …低圧バルブ
- 2 5 …バルブ
- 2 6 …排出バルブ
- 2 7 …調圧バルブ
- 2 8 …逆止弁
- 3 2、3 3、3 5～3 7 …配管
- 3 4 …排出管
- 3 8 …ラジエータ
- 4 0 …フィルタ
- 4 1 …コンプレッサ
- 4 2 …加湿器
- 4 3 …マフラ
- 4 4 …希釈器
- 4 5、4 6 …ポンプ
- 5 1、5 3 …圧力センサ
- 1 0 0 …制御ユニット
- 1 0 1 …アクセル開度センサ
- 1 0 2 …温度センサ
- 1 0 3 …温度センサ

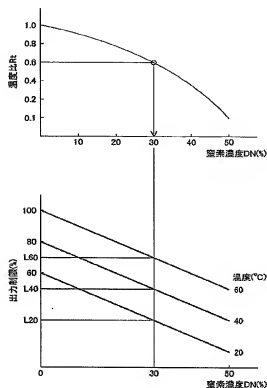
10

20

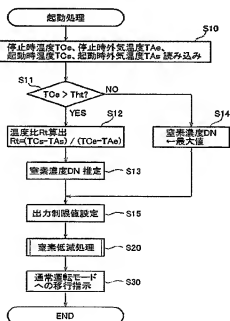
【図 1】



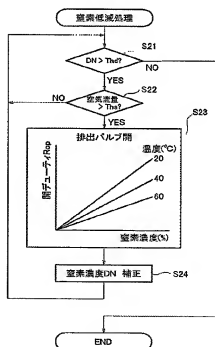
【図 2】



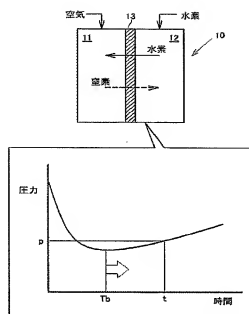
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 森 裕晃

愛知県豊田市トヨタ町2番地 株式会社トヨタマックス内

Fターム(参考) 5H026 AA06

5H027 AA06 BA13 BA19 KK41 KK51 MM01 MM08